石灰對於臺灣紅壤中磷肥有效性之作用*

（第一報）

會憲鼎　　張守敬

一、緒　　論

臺灣耕作之土壤，其屬於酸性者佔其大部份[1]，而紅壤在酸性土壤中所佔面積亦廣。其特徵爲質地粘實，土色紅，富鐵鋁之養化物，缺乏鹽基，其pH值每在5.0以下[1]。張守敬氏之臺灣土壤肥力概述一文中，指出臺灣紅壤的有效性磷酸含量均極爲缺乏，而由過去在臺灣所作之118處水稻三要素適量試驗結果[2]及最近所作之水稻三要素試驗[3]皆顯示在紅壤上施用磷酸肥料，對於水稻之增產量有限。第一期作及第二期作之平均增量各約爲1—10%[2]，施用磷酸肥料於缺燐之紅壤而效果極少，其原因及改進方法，實有研究之必要。

根據前人之研究，在酸性土壤中，燐酸易與鐵鋁結合而成爲不溶之燐酸鐵鋁鹽類[9]而土壤中鐵鋁之活動，與土壤反應有密切之關係，土壤pH值在5.5至7.5之間時，土壤中之燐酸大部成爲有效性，pH值降低至5.0以下時，則燐酸與可溶的鐵鋁結合而沉澱成爲不溶的燐酸化合物[8]。在臺灣的紅壤上，燐肥對水稻效應不顯之原因，可能由於其pH值過低，表土鐵鋁含量高，所施用之燐酸，大多與鐵鋁結合而被固定於土壤中。

應用石灰改良酸土之歷史甚早，遠在公元前農民即開始施用；據Jenny及Gilligan等氏之研究，認爲石灰不獨中和酸度且可減低土壤中鐵鋁錳等之溶解度，而增加燐之溶解度[4]。川島祿郎氏認爲加用少量石灰以增加土壤之置換性石灰，則可增加水稻產量，但加用多量石灰，而使成鹽基性，則將減低收量，惟燐酸及鉀之肥效却可因之而增加[5]。Nafted謂加用石灰於土壤中，土壤中之可溶性燐增加[10][12]，施用石灰，植物含鈣之百分率增加，但對Mg. K. P. Mn. Fe却減少[11] Swell和Latshaw二氏謂施用過燐酸鈣，不能增加紫苜蓿含燐百分率，而石灰與過燐酸鈣兼用，則可增加[13]。Albrect和Klemme二氏所作之田間試驗指示應用石灰和過燐酸鈣較單用過燐酸鈣之胡枝子，其鈣，燐及蛋白質的含量差不多增加一倍[14]。Franklin和Brewer謂單獨應用石灰只增加作物含鈣之百分率，若應用石灰與過燐酸鈣，則鈣燐氮的含量均行增加[15]步焱昇張守敬氏之試驗結果指示臺灣酸性土壤施用石灰可增加水稻產量及提高土壤之pH值[6]及土壤中之有效性磷酸含量[7]。

由以上前人之研究結果，石灰之應用在某種土壤實爲增加燐酸肥料有效性之一途徑，然在臺灣紅壤之作用如何尚無現成資料作爲參考，作者等欲明瞭臺灣紅壤施用石灰後對土壤燐酸之有效性及作物對燐酸之吸收情形如何，而作此項之初步研究。

---

*註：本文之試驗費用由臺灣肥料公司補助

試驗之土壤選用桃園及中壢二處之紅壤作為代表此二處土壤之理化性＊如表一

表一　供試土壤之理化性

Table 1: The chemical and physical properties of the two experimantal soils

試驗土壤地點 Locality	母質 Parent material	表土之PH PH of Surface soil	石灰需要量 Lime requirement ton/ha	有機質 Organic matter %	有效性燐酸含量 Available P_2O_5 kg/ha	機械成分 Mechenical composition %		
						sand	silt	clay
桃園(Toayuan)	洪積層	5.0	2.8	2.50	9.0	24.44	43.00	32.56
中壢(Chunglee)	洪積層	4.6	4.0	3.25	4.5	19.44	39.00	41.56

註* pH 用比色法(23)測定。

石灰需要量用氯化鈣置換法測定(20)，並假定每公頃表土深 $6^2/_3$ 吋深時，重 2700 公噸，推算每公頃所需之 $CaCO_3$ 數，有機質用 widle 氏之比色法測定(25)。

機械分析用 Bouyoucos 氏之浮標法測定(26)。

有效燐用 Peech 法(24)再以光電比色計測定。

二、石灰對於土壤中燐酸有效性之試驗

(一) 做Neubauer 試驗(6, 17, 18)

(A) 試驗方法

採用 Neubauer 氏栽培幼苗之圓柱形玻璃盆，內徑12cm，深 7cm，中置一玻璃管作灌溉蒸餾水用，稱一百克通過1m.m. 篩孔之風乾供試土壤，與純淨之石英粗砂（粒徑0.5—1.0m.m.）50克混合，平鋪盆底，上再覆以100克之細石英砂（粒徑 0.5m.m.以下）。選發芽整齊之臺中二號小麥種子 100粒，經2%$CuSO_4$與0.06%NaOH混合液5cc浸種$1\frac{1}{2}$小時後，播種於玻璃盆內，再覆以細淨石英砂100克，加蒸餾水60cc.，發芽後，按日加一定量之水，第一星期置於室內，以後移於溫室，生長至十七日後，收穫，用水洗淨土砂，乾燥燒灰後，按照 Lorenz 氏分析方法(18)測定小麥吸收之燐酸量。

供試土壤為中壢及桃園二地已耕紅壤之表土，風乾磨碎，使通過1m.m.之篩孔，稱 500 克以土壤十二份作下列種種處理：石灰施用量分四平準即無石灰，相當於$\frac{1}{2}$石灰需要量之石灰，相當於石灰需要量之石灰，及相當於 2 倍石灰需要量之石灰；石灰需要量係按照 Hardy 及 Lewis 二氏之方法測定，所用之石灰為純淨之 CaO；每一石灰處理中，又分三個施燐平準即無P_2O_5, 50p.p.m. 及100 p.p.m. 之可溶性P_2O_5，所用之燐酸鹽為KH_2PO_4，土壤中 K_2O 之含量，均保持一致，皆為 240 p.p.m. 經過處理之土壤，在最適水分狀況下，經一月後，風乾磨碎，以 1m.m. 篩孔之土篩篩過，稱100克土壤於玻璃盆內，每一處理重複三次，剩餘之200克土壤，留作化學分析之用。

(B) 試驗結果

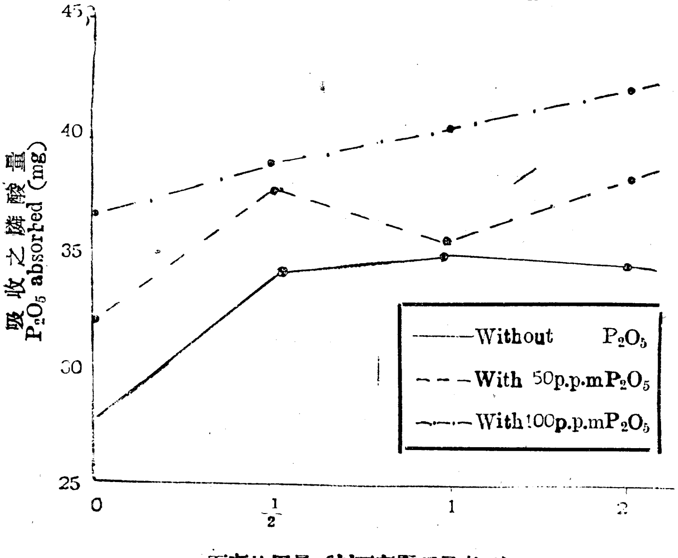
桃園土壤之試驗因受病害，無結果，今僅示中壢紅壤之試驗結果如下：

表二 小麥幼苗自中壢紅壤中吸收之P_2O_5量（mg/100gm土壤）*
Table 2. The amount of P_2O_5 absorbed by wheat seedlings from 100 gms of treated red soil of Chunglee.

處理 Treatment $CaO-P_2O_5-K_2O$ L.R.**-p.p.m.-p.p.m.	100粒種子重量 weight of 100 grains of wheat (gm)	100株幼苗有效燐酸之含量 The available P_2O_5 content of 100 seedlings of wheat (mg)	100株小麥幼苗吸收土壤中之燐酸量 The amount of P_2O_5 absorbed by 100 wheat seedlings from the soil (mg)	相當於土壤中之P_2O_5 corresponding to P_2O_5 in the soil (p.p.m.)	相當於施用量之% Corresponding to the % of added P_2O_5 (%)
純砂 (blank)	4.3042	34.23	—	—	—
0 — 0 — 0	4.3077	28.01	−6.22	−62.2	—
$\frac{1}{2}$ — 0 — 240	4.3247	34.81	0.66	6.6	—
1 — 0 — 240	4.3160	35.00	0.77	7.7	—
2 — 0 — 240	4.3227	34.79	0.56	5.6	—
0 — 50 — 240	4.3069	32.21	−2.02	−20.2	−40.4
$\frac{1}{2}$ — 50 — 240	4.3073	37.81	3.58	35.8	71.6
1 — 50 — 240	4.3170	35.15	0.92	9.2	18.4
2 — 50 — 240	4.3438	38.51	4.28	42.8	85.6
0 — 100 — 240	4.2867	36.66	2.43	24.3	24.3
$\frac{1}{2}$ — 100 — 240	4.3133	38.82	4.59	45.9	45.9
1 — 100 — 240	4.3280	40.49	6.26	62.6	62.6
2 — 100 — 240	4.3117	42.27	8.04	80.4	80.4

* 上為重複三次之平均結果　　** L. R. 指石灰需要量 (Lime Requirement)

圖一 100株少麥幼苗在施用石灰及燐酸之100克中壢紅壤中所吸收之P_2O_5量
Fig. 1. The content of P_2O_5 absorbed by wheat seedlings from gms of treated red soil of Chunglee.



供試土壤之化學分析結果如下：

表三 石灰及燐酸施用量對二種紅壤之pH及有效燐酸之效應 *

Table 3. Effect ot lime and phosphoric acid on the pH and the available phosphoric content of the red soils of Chunglee and Toayuan

處理 Treatment $CaO-P_2O_5-K_2O$ L.R. * * -p.p.m.-p.p.m.	中壢紅壤 the treated red soil of Chunglee		桃園紅壤 The treated red soil of Toayuan	
	pH	有效P_2O_5量*** Available P_2O_5 p.p.m.	pH	有效P_2O_5量 Available P_2O_5 p.p.m.
0 — 0 — 0	4.6	4.6	5.0	9.2
$\frac{1}{2}$ — 0 —240	5.0	6.9	5.4	13.8
1 — 0 —240	5.3	15.0	5.3	20.7
2 — 0 —240	5.8	17.3	6.2	24.2
0 — 50 —240	4.6	9.2	5.0	12.7
$\frac{1}{2}$ — 50 —240	5.0	16.1	5.4	17.3
1 — 50 — 240	5.3	23.0	5.8	26.5
2 — 50 —240	5.8	26.5	6.2	34.5
0 —100—240	4.6	21.9	5.0	28.3
$\frac{1}{2}$ —100—240	5.0	19.6	5.4	34.5
1 —100—240	5.3	26.5	5.8	38.0
2 —100—240	5.8	32.2	6.2	46.0

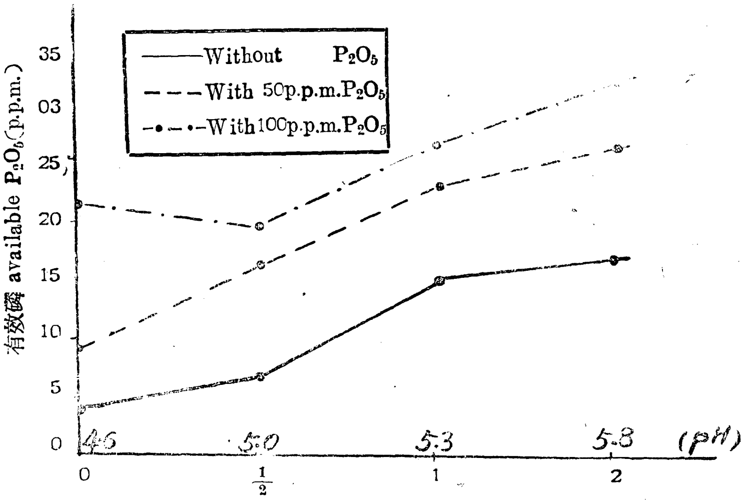
* 上為 Neubauer 試驗之土壤經處理一月後所測定

** L.R. 為石灰需要量 (Lime Requirement)

*** P_2O_5 用 Peech 氏法測定

圖二 石灰及燐酸施用量對中壢紅壤之 pH 及有效燐酸之關係

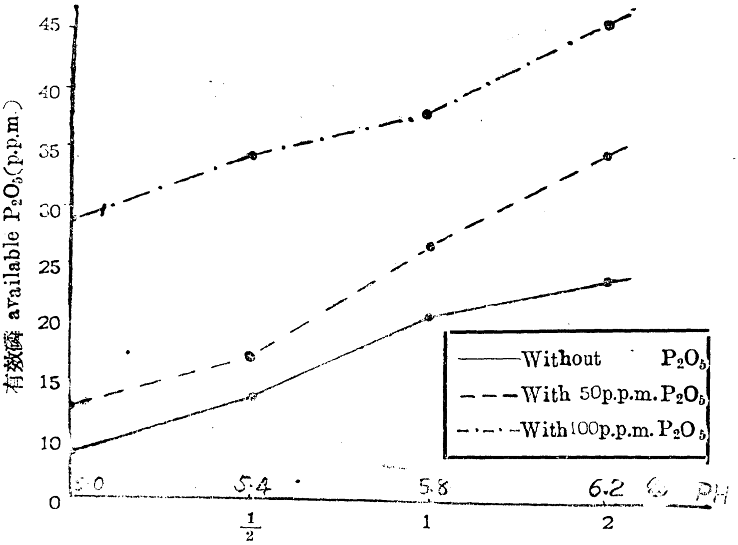
Fig. 2 The rate of lime and phosphoric acid in relation to the pH values and the available phosphoric acid content of the red soil of Chunglee



石灰施用量（以石灰需要量表示）
Lime rate in terms of lime requirement

圖三　石灰及燐酸施用量對桃園紅壤之 pH 及有效燐酸之效應

Fig. 3 The rate of lime and phosphoric acid in relation to the pH values and the available phosphoric acid content of the red soil of Toayuan



石灰施用量 (以石灰需要量表示)
Lime rate in terms of lime requirement

(C) Neubauer 試驗討論

由上述之試驗結果，可見中壢紅壤對燐酸之固定力極强，小麥幼苗在未經處理土壤中之生長狀況雖較在純石英砂中生長者爲佳，然幼苗中燐酸之含量少於種子中原有之含量，即幼苗雖但不能吸收土壤中之燐酸，而種子中原有之燐酸反被土壤所固定。在不施用石灰之情形下，在該種土壤中單施用50 p.p.m 之燐酸(相當於135公斤/公頃之P_2O_5)，並不能飽和其燐酸之固定力，種子中之燐酸仍有一部份被固定；在該種土壤中，單施 100 p.p.m. 之燐酸（相當於270公斤/公頃之P_2O_5），幼苗所吸收之燐酸，亦僅相當於土壤中燐酸之 24.3 p.p.m.；但施用相當於$\frac{1}{2}$倍至2倍石灰需要量之石灰後，在不施燐酸之情形下，幼苗所吸收之燐酸，自相當於土壤燐酸之62.2 p.p.m. 增至5 p.p.m. 以上；在施用50 p.p.m. 燐酸之情形下，幼苗吸收之燐酸量自相當於土壤燐酸之20.2 p.p.m. 增至42.8p.p.m 或相當於施用量之40.4% 至 85.6%；在施用 100 p.p.m. 燐酸之情形下，幼苗所吸收之燐酸量自相當於土壤燐酸之 24.3 p.p.m. 增至80.4 p.p.m.，或相當於施用量之24.3%至80.4%。

據土壤化學分析之結果，土壤未經施用石灰者，適量之燐肥僅能略微增加其中有效性燐之含量；而單施石灰，反能使土壤中增加較多之有效性燐；如石灰與燐肥兼施，則土壤有效性燐酸量能顯著增加，以供作物之吸收，此種化學分析之結果，頗與幼苗試驗之結果相符合。

(二) 盆栽試驗 (Modified Jenng's Pot test)

(A) 試驗方法

用內徑15 cm高10 cm之小盆，盆底無孔，盛風乾土 1500克，土壤用中壢及桃園二處之紅壤表

土，先用石灰處理後，濕潤兩星期；再加用 N.P.K. 予以混勻，播番茄種子十粒於每盆內，待其發芽後，每盆僅留一株，隨時加水，每星期記載一次，處理分爲四種，每處理重複三次表列於下：

處 理 Treatment	土壤重量 weight of soil (gm)	每 盆 施 肥 量 Rate of fertilizer per pot			
		CaO L.R.	N p.p m.	P_2O_5 p.p.m.	K_2O p.p.m.
NK	1500	—	20	—	120
NPK	1500	—	20	50	120
NKCa	1500	3	20	—	120
NPKCa	1500	3	20	50	120

註* 石灰用純淨之CaO,
N用 $(NH_4)_2SO_4$,
P用KH_2PO_4
K用K_2SO_4

(B) 試驗結果

表四 中壢紅壤施用石灰及燐酸之蕃茄盆栽試驗*

Table 4 Effect of lime and phosphate on the growth of tomato on the red soil of Chunglee.

處 理 Treatment	發芽後一星期 one week after seedling		發芽後二星期 two weeks after seedling		發芽後三星期 three weeks after seedling	
	長度 cm. length	葉數 No. of leaves	長度 cm. length	葉數 No. of leaves	長度 cm. length	葉數 No. of leaves
NK	6	2	9.3	3	12.2	4
NPK	6.5	2	12.2	4	13.8	5
NKCa	6.1	2	11.7	4	15.2	5
NPKCa	7.6	2	14.8	4	22.3	6

* 上爲重複三次之平均結果見附圖五

表五 桃園紅壤施用石灰及燐酸之蕃茄盆栽試驗*

Table 5 Effect of lime and phosphate on the growth of tomato on the red soil of Toayuan

處 理 Treatment	發芽後一星期 one week after seedling		發芽後二星期 two weeks after seedling		發芽後三星期 three weeks after seedling	
	長度 cm length	葉數 No. of leaves	長度 cm length	葉數 No. of leaves	長度 cm length	葉數 No. of leaves
NK	8.2	2	12.2	4	15.2	6
NPK	8.5	2	14.5	4	15.8	6
NKCa	8.0	2	14.7	4	16.0	6
NPKCa	9.5	2	16.2	4	22.6	8

* 上爲重複三次之平均結果見附圖六

供試盆栽土壤於收穫時加以分析其結果如下：

表六　石灰及燐酸對中壢及桃園之紅壤 pH 及有效燐酸之影響

Table 6. The effects of lime and phosphate on the pH and available phosphoric acid on the red soils of Chunglee and Toayuan used in the Pot test.

處理 Treatment	中壢紅壤 the treated red soil of Chunglee		桃園紅壤 the treated red soil of Toayuan	
	pH	有效 P_2O_5 含量 Available P_2O_5 p.p.m.	pH	有效 P_2O_5 含量 Available P_2O_5 p.p.m.
NK	4.6	4.5	5.0	6.9
NPK	4.6	6.9	5.0	11.5
NKCa	6.8	10.4	6.8	15.0
NPKCa	6.8	20.7	6.8	27.6

（C）盆栽試驗討論

在中壢紅壤上之試驗結果，施用燐肥之效果甚顯明，不施燐者，植株矮小瘦弱，施用燐者則株高葉大；單施石灰而不施燐，未能助長蕃茄之生長，而石灰與燐肥兼施，生長特佳，可見中壢紅壤極端缺乏燐肥，而石灰之施用復能充分保持所施燐肥之有效性。

在桃園紅壤上之試驗結果，單施燐肥或石灰，均僅略能促進蕃茄之生育，但二者兼施，效果甚著，其植株高大，葉片繁茂。

上述二試驗結果均表示石灰可增進燐肥之效果，而化學分析之結果（表六），亦足以說明此現象之由來。

（三）田間試驗

（A）試驗方法

試驗中共包括六處理：P_2O_5 用量分爲二平準，即0與100 公斤/公頃之P_2O_5，石灰用量分爲三平準，即無石灰，1500 及3000 公斤/公頃之石灰；N之用量每處理各爲100 公斤/公頃，K_2O 之用量每處理各爲80公斤/公頃，N 用硫酸錏，P_2O_5 用過燐酸鈣，K_2O 用氯化鉀，每處理之石灰於施肥前五日放下；過燐酸鈣及氯化鉀作爲基肥，於挿苗前一次施下；N 半量作爲基肥，半量作爲追肥，追肥於挿苗後一月施下，石灰爲肥料公司第三廠所產之粉石灰。

試驗小區面積爲$^1/_{1000}$公頃，株行距22×24公分，每叢五枝秧苗，田間佈置均爲隨機區組排列。

試驗於桃園及中壢二處之紅壤地舉行，桃園試驗區組重複四次，中壢重複三次。

（B）試驗結果

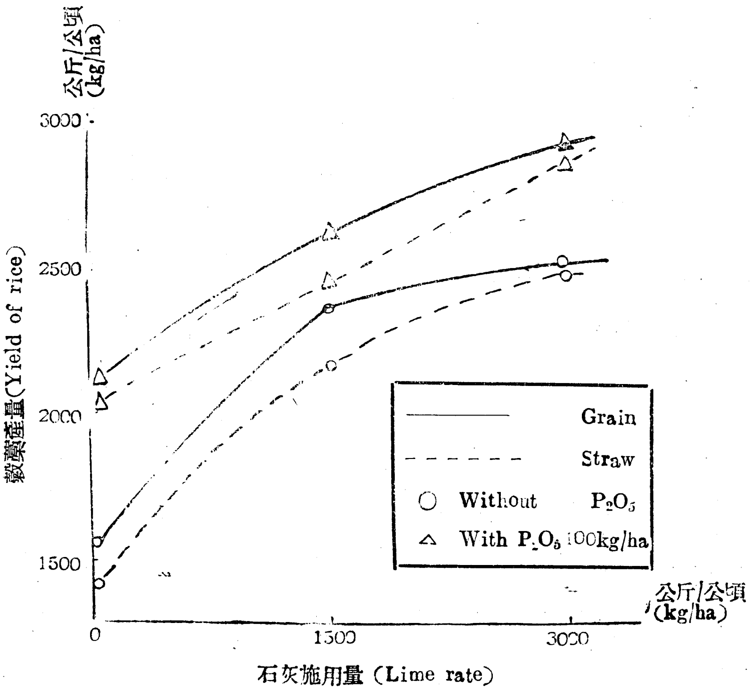
表七 中壢紅壤施用石灰及燐酸之水稻田間試驗結果

Table 7 The effect of lime and phosphoric acid on the yield of rice on the red soil of Chunglee (lst. crop of 1950)

處理 Treatment $N-P_2O_5-K_2O-CaO$ 公斤/公頃 kg/ha	穀 grain		藁 straw	
	產量 Yield (kg/ha)	指數 Index	產量 Yield (kg/ha)	指數 Index
100—0—80—0	1570	100.00	1430	100.00
100—0—80—1500	2362	150.43	2165	151.39
100—0—80—3000	2535	161.46	2490	174.12
100—100—80—0	2107	134.18	2027	141.74
100—100—80—1500	2628	167.41	2457	171.81
100—100—80—3000	2952	183.01	2337	201.86
差異之顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值 (Significant value of difference)=419.31 1%差異顯著值 (Significant value of difference)=596.09		5%差異顯著值 (Significant value of difference)=744.30 1%等異顯著值 (Significant value of difference)=1059.37	

圖四 中壢紅壤之石灰施用量與燐酸用量對水稻產量之關係

Fig. 4. The rate of lime and phosphoric acid in relation to the rice yield on the red soil of Chunglee



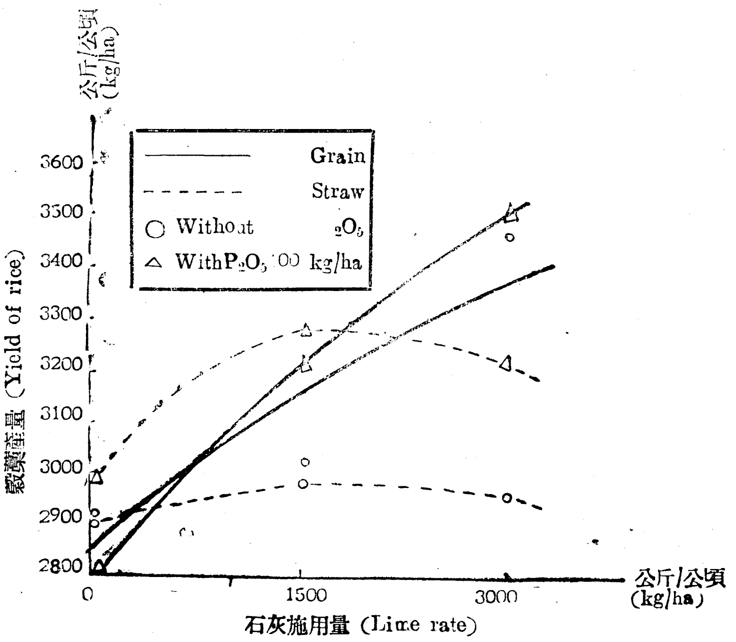
表八　桃園紅壤施用燐酸及石灰之水稻田間試驗結果

Table 8. Effect of lime and phosphoric acid on the yield of rice of the red soil of Toayuan(1st. crop of 1950)

處理 Treatment $N-P_2O_5-K_2O-CaO$ kg/ha	穀 grain		藁 Straw	
	產量 Yield(kg/ha)	指數 Index	產量 Yield(kg/ha)	指數 Index
100— 0 —80— 0	2908	100.00	2903	100.00
100— 0 —80—1500	3033	104.00	2990	103.00
100— 0 —80—3000	3471	119.36	2959	101.93
100—100—80— 0	2803	96.39	2996	103.20
100—100—80—1500	3203	110.32	3283	113.26
100—100—80—3000	3516	120.91	3228	111.20
差異顯著性 Significance of difference	5%差異顯著值 (Significant value of difference)=331.02 1%差異顯著值 (Significant value of difference)=526.93		F 值不顯著 F value insignificant	

圖五　桃園紅壤之石灰施用量與燐酸用量對水稻產量之關係

Fig. 5. The lime rate and phosphoric acid rate in relation to the yield of rice on the red soil of Toayuan



(C) 田間試驗討論

在中壢紅壤上單施燐肥，對水稻有顯著之增產效果，單施石灰，效果亦同，二者兼施，效果更佳；桃園紅壤之性質則不同，單施燐肥或單施1.5噸/公頃之石灰均不能增加水稻之產量；但施用1.5噸/公頃之石灰再施燐肥，則略有增產效果；若施用3噸/公頃之石灰，則增產甚著；然3公噸/公頃之石灰以外，再加施燐肥其效果亦僅與單施3公噸/公頃之石灰相同。由上所述，足見中壢桃園二地之紅壤均乏燐酸，但其程度不一，中壢者較桃園者爲甚，在此二種紅壤上欲使燐肥之效果充分發揮，先施石灰，以減少土壤對燐酸之固定作用，似均屬有利者，但同屬紅壤，其性質不一，對石灰與燐肥之效應亦不一，故石灰與燐肥之適量，亦尙待各別研究。

三、結論與提要

臺灣之紅壤，酸性强，pH值在5.0以下，富鋁與鐵，有效性燐酸含量甚低，但據過去水稻栽培試驗之結果，燐肥對於水稻之效果並不顯著；紅壤對燐酸之固定作用極强，此可能爲效應微小之原因。酸性土壤上施用石灰，可減低土壤對燐酸之固定作用，因而也可增加燐肥之肥效，已爲學者所公認。本文中就中壢、桃園二地之紅壤，研究施用石灰對於燐肥有效性之影響，其結果可歸納下列各點：—

1. 中壢及桃園二地之紅壤對燐酸之固定力甚强，施用可溶性燐酸之後，幾全部被其固定，用Morgan氏抽出液所得之有效性燐酸含量極低，施用相當於½倍至2倍石灰需要量之石灰後，土壤中原存之燐酸和施用之燐酸，其有效量皆顯著增加。

2. 據Neubauer氏幼苗試驗之結果，中壢紅壤施用相當於½倍與2倍石灰需要量之石灰後，小麥幼苗對燐酸之吸收率可遞增施用量之80%。

3. 據盆栽蕃茄之生育狀況，桃園及中壢二地之紅壤單施50 p.p.m.之燐酸及單施相當於三倍石灰需要量之石灰均不能促長其生育，而石灰與燐酸兼施其效極佳。

4. 據水稻田間栽培之結果，知水稻在二種紅壤上對於所施燐肥之效應不同：中壢紅壤上施用1.5—2.0噸/公頃之石灰或100公斤/公頃之燐酸時，均能顯著增加水稻穀藁之產量，如石灰與燐肥兼施，其效更佳，在桃園之紅壤上，施用100公斤/公頃之燐酸或1.5噸/公頃之石灰，均無效果，但施用3噸/公頃之石灰，效果極佳，以3噸之石灰與100公斤/公頃之燐酸兼施，其效應較單施3噸/公頃之石灰者所增極少。

綜上所述，石灰可以增加紅壤中天然存在之燐酸及施用之燐酸之有效性甚爲明顯；但作物對於燐酸之吸收能力及需要程度各不相同且因土壤而異，因此就特定之作物及土壤而言，土壤燐酸之不足與充分，各有不同之臨界值（Critical value），有待於分別研究；以水稻而言，此種臨界值，尙未明悉。因此石灰與燐酸在桃園及中壢紅壤上之效應異趣，其理目前尙不能說明之。

附圖一 Neubauer 試驗之結果（燐酸之效果）

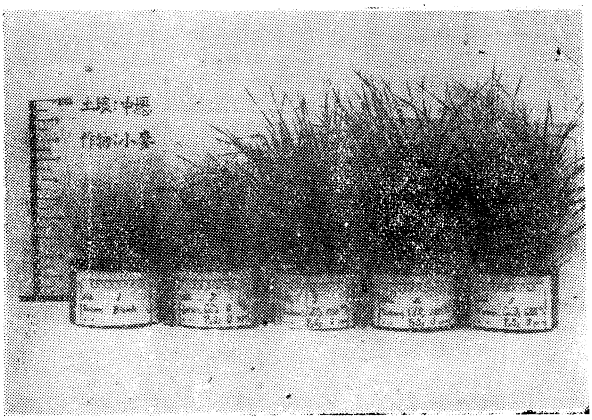
plate 1. The effect of P_2O_5 in Neubauer's test with the red soil of Chunglee.

(1) 純砂 (Pure quartz sand)

(2) 無 P_2O_5 (Without P_2O_5)

(3) 加 50 p.p.m. 之 P_2O_5 (50 p.p.m. of P_2O_5 added)

(4) 加 100 p.p.m 之 P_2O_5 (100 p.p.m. of P_2O_5 added)



附圖二 Neubauer 試驗之結果（石灰之效果）

Plate 2. The effect of lime in Neubauer's test with the red soil of Chunglee.

(1) 純砂 (Pure quartz sand)

(2) 無石灰 (No lime)

(3) 加2,000 公斤/公頃 石灰 (2,000 kg/ha of lime added)

(4) 加4,000 公斤/公頃 石灰 (4,000 kg/ha of lime added)

(5) 加8,000 公斤/公頃 石灰 (8,000 kg/ha of lime added)

附圖三　Neubauer 試驗之結果（石灰及燐酸之效果）

Plate 3. The effect of P_2O_5 and lime in Neubauer's test with the red soil of Chunglee.

(1) 純砂 (Pure quartz sand)

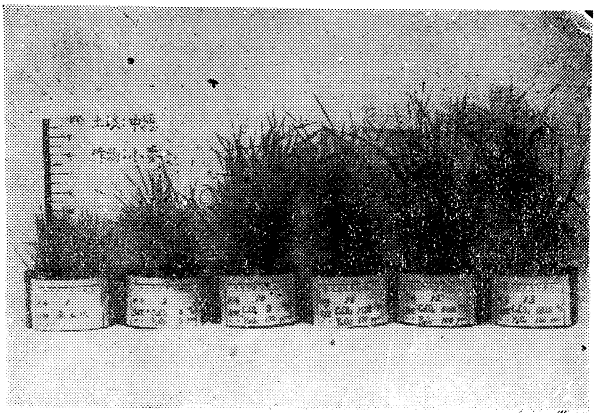
(2) 無石灰及燐酸 (No lime and P_2O_5)

(3) 加50 p.p.m. 之P_2O_5 (50 p.p.m. of P_2O_5 added)

(4) 加2,000 公斤/公頃 之石灰及50 p.p.m.之P_2O_5(50 p.p.m. of P_2O_5 and 2,000 kg/ha of lime)

(5) 加4,000 公斤/公頃 之石灰及50 p.p.m.之P_2O_5(50 p.p.m. of P_2O_5 and 4,000 kg/ha of lime)

(6) 加8,000 公斤/公頃 之石灰及50 p.p.m.之P_2O_5(50 p.p.m. of P_2O_5 and 8,000 kg/ha of lime)



附圖四　Neubauer試驗之結果（石灰及燐酸之效果）

Plate 4. The effect of P_2O_5 and lime in Neubauer's test with the red soil of Chunglee.

(1) 純砂 (Pure quartz sand)

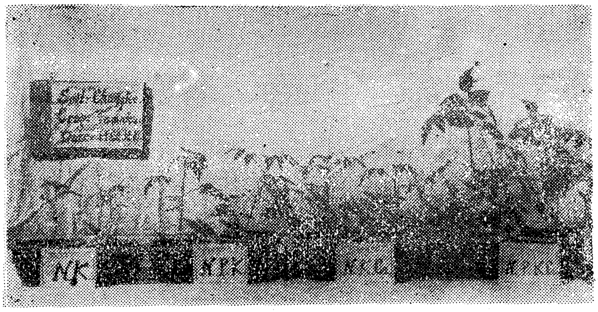
(2) 無P_2O_5及石灰 (No lime and P_2O_5)

(3) 加100 p.p.m之P_2O_5 (100 p.p.m. of P_2O_5 added)

(4) 加 100 p.p.m. 之 P_2O_5 及 2,00　公斤/公頃 之石灰 (100 p.p.m. of P_2O_5 and 2,000 kg/ha of lime)

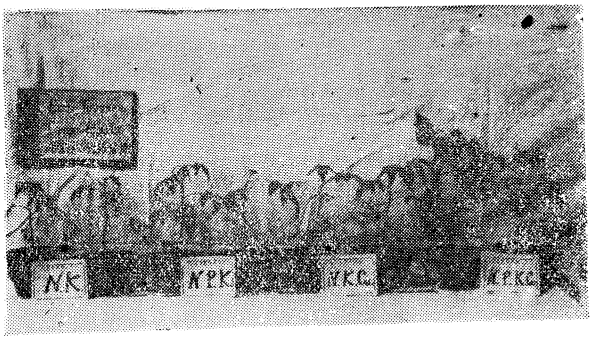
(5) 加100 p.p.m. 之 P_2O_5 及4,000 公斤/公頃 之石灰(100 p.p.m. of P_2O_5 and 4,000 kg/ha of lime)

(6) 加 100 p.p.m. 之 P_2O_5 及 8,000 公斤/公頃 之石灰(100 p.p.m. of P_2O_5 and 8,000 kg/ha of lime)



附圖五　中壢紅壤盆栽試驗蕃茄之生長結果

Plate 5. The growth of tomato in pot test with Chunglee red soil



附圖六　桃園紅壤盆栽試驗蕃茄之生長結果

Plate 6. The growth of tomato in pot test with Toayuan red soil.

四、參考文獻 Literatures cited

1. 張守敬 1951：臺灣土壤肥力概述　臺灣肥料公司出版
2. 張守敬、曾憲鼎、步焱昇 1948：臺灣省水稻三要素試驗結果之檢討　臺灣省農業試驗所　彙報第七號
3. 張守敬：臺灣省水稻三要素試驗報告（未刊）
4. 陳振鐸、張仲民 1948：水稻田施用石灰之初步研究　臺灣省農業試驗所　農報2卷1期　P.19—25
5. 川島綠郎氏 1937：土壤反應及石灰含量對於作物生育之影響（水稻第三報）日本土壤肥料學會誌10卷1號
6. 步焱昇、張守敬 1950：臺灣酸性土壤栽培水稻之石灰施用量試驗（第一報）臺灣省農業試驗所農業研究　1卷2期　P.14—25
7. 張守敬、步焱昇 1951：臺灣酸性土壤栽培水稻之石灰施用量試驗（第二報）臺灣省農業試驗所農業研究　2卷1期
8. Collin： Commercial Fertilizer.

9. Metzger W. H. 1941 : Phosphorus fixation in relation to iron and aluminum of the soil. Jour. Amer. Soc. Agron. 33 : 1093—1099.

10. James A. Naftel 1937 : Soil liming investigations II. The influence of calcium and mixtures of calcium and magnesium carbonates on certain chemical changes of soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 29 : 526—546.

11. —————— : Soil liming investigations I The influence of lime on yields and on the chemical composition of plants. Jour. Amer. Soc. Agron 29 : 537—547.

12. Cook R.L.1935: Divergent influence of degree of base saturation of soils on the available of native, soluble, and rock phosphates. Jour. Amer. Soc. Agron. 27 : 297—311.

13. Swell, M. C. and Latshaw W. L.1931: The effect of lime, superphosphate, and potash on relation of soil and growth and composition of alfalfa. Jour. Amer. Soc. Agron. 23 : 299—816.

14. Albrect, Wm. A. and Klemme A. W. 1939: Limestone mobilizers phosphates into Korean lespedeza. Jour. Amer. Soc Agron. 31. 284—287.

15. Franklin L. Davis and C. A. Brewer Jr. 1940: The effect of liming on the absorption of phosphorus and nitrogen by Winter Legumes. Jour. Amer. Soc. Agron. 32 : 419—425.

16. Thorn S. F. 1935 : Soil and fertilizer studies by means of the Neubauer method. Purdue Unic. Agr. Exp. Sta. Bul. 399.

17. —————— : Experiences with the Neubauer method for determing mineral nutrient deficiencies in Soils. Jonr. Amer. Soc. Agron. 23 : 195—208.

18. —————— : The available phosphorus and potassium contents of surface soils and subsoils as show by the Neubauer method and by chemical tests. Jour. Amer. Soc. Agron. 27 : 46-51.

19. C. S. Piper.: Soil and plant analysis.

20. F. Hardy and A. H. Lewis : A rapid Electrometric method for measuring "Lime Requirements" of soil. Jour. Agri. Sci. 19 : 17-25.

21. Jenny. H.: Nutrient level determination dy greenhouse Pot studies.

22. Troug, E. 1930: The determination of the readily available phosphorus of soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 22 : 874-882.

23. Morgan. M.F. 1941 : Chemical soil diagnosis by the universal soil testing system. Conn. Agr. Exp. Sta. Bul. 450.

24. M. Peech and L. English 1944: Rapid microchemical soil tests. Soil Sci. Vol. 57 No. 3

25. Widle, S. A. 1942: Rapid Colorimetric determination of soil organic matter. Soil Sci. 7 : 393-394.

26. Bouyoucos, G. J. 1936: Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Soil Sci. vol. 42. No. 3.

27. M. O. Ghani and M. A. Islam : Phosphate fixation in acid soils and its mechanism. Soil Sci. 62 : 293-306.

28. W. F. Gericke 1930: Plant-food requirement of rice. Soil Soi. 29 : 207—219.

29. Harper, H. J. 1947: Soil reaction and availability of plant nutrients. Okla Afric. Exep. Sta. Bull. B 315.

The Effect of Lime on the Availability of Phosphorus in the Red Soil of Taiwan

H. D. Tseng and S. C. Chang

Summary

The red soil occupys a large area in Taiwan. It is very acid in reaction with pH values usually below 5.0, high in iron and aluminum and low in available phosphorus. However, according to the experiments couducted in the past, it was shown that the response of rice to the phosphorus is always not very significant. This phenomena may be resulted from the phosphorus fixing power of the red soils. It has been repeatedly proved that addition of lime on the acid soil can decrease the fixing power of the soil and consequently can increase the availability of phosphorus originally remained in the soil or applied as fertilizers.

This paper deals with the experiment results of the effect of lime on the availability of phosphorus in two kinds of soils in Taiwan. The results may summarized as follows:

1. The fixation of phosphorus by the red soil in Taiwan is very strong. Only a very small portion of the applied available phosphorus can be recovered by Morgan's extractant. The extracted amount is almost doubled by the application of lime with the rate corresponding to /₂ to 2 times of lime requirement of the soil.

2. According to the result of Neubauer test with wheat seeds, it is shown that addition of lime with the rate corresponding to $^1/_2$ to 2 times of lime requirement will increase the absorbed amount of applied phosphorus—40.0% to 85.6% of that added where 50 p.p.m of P_2O_5 was applied, and from 24.3% to 80.4% where 100 p.p.m. of P_2O_5 was applied.

3. The growing condition of tomato in the pot test showed also that neither lime nor phosphorus can increase the growth of the tomato on both the Chunglee and Toayuan red soils, but lime and phosphoric combined have a significant effect.

4. The field experiments conducted on these two red soils showed that on the red soil of Chunglee either 100 kg/ha of P_2O_5 or 1500 to 3000 kg/ha of lime can increase the yield of rice but lime and phosphorus combined caused an increase much greater; on the red soil of Toayuan 1500 kg/ha of P_2O_5 cannot increase the yield of rice but 3000 kg/ha of lime or 3000 kg/ha of P_2O_5 of lime together with 100 kg/ha of P_2O_5 caused a significant increase.

From the above facts it is evident that lime can increase the availability of phosphorus originally remained in the soil and that applied as fertilizers. Since the feeding power and the demmand for phosphorus varies from crop to crop, it is as a matter of fact for a specified crop there is its own critical value of sufficiency or defficiency for available phosphorus.This critical value for rice on the red soils is not yet known.No explanation can therefore be given as to the different response of rice to lime and phosphorus in the two red soils concerned.